

تأريخ الفخار الصيني بالانبعاث الحراري الضوئي^(١)

ترجمة وتعليق :

د. غسان طه ياسين - قسم الآثار - كلية الآداب

د. محمد يوسف حسين - قسم الفيزياء - كلية العلوم

١- مقدمة:

تعد طريقة تأريخ الفخار القديم بواسطة الانبعاث الحراري الضوئي^(٢) من التقنيات المهمة والحديثة في علم الآثار (انظر ، على سبيل المثال Fleming 1970, Zimmerman 1971, Aitken 1978, Wang et al, 1980). يصف هذا البحث طريقة قياس جرعات الانبعاث الحراري الضوئي للفخار الصيني فضلاً عن دراسة مكوناته من خلال انبعاث أشعة بيتا وكامما مستخدماً الجرعات السنوية ، وكذلك قياس جسيمات ألفا الخارجة أيضاً^(٣).

أما الخاصية الأخرى الجديدة فالغاية منها إجراء معايرة المصادر الخارجية المشعة المستخدمة . وقد تمت الاستفادة في الدراسات السابقة (Aitken 1968) في استخدام نفس المصادر لتقدير عمر الفخار بواسطة الانبعاث الحراري الضوئي . أما من الناحية العملية فيفضل معايرة المصادر المشعة بواسطة طريقة الانبعاث الحراري الضوئي للرمال المعروفة مكوناتها الإشعاعية وهنا يمكن إهمال عوامل المعايرة عند حساب العمر بواسطة جرعات الانبعاث الحراري الضوئية .

٢- المبدأ الأساسي لتأريخ الفخار بطريقة الانبعاث الحراري الضوئي

إن طريقة التأريخ بواسطة الانبعاث الحراري الضوئي هي طريقة بسيطة نوعاً ما في الناحية النظرية ويمكن التعبير عنها بواسطة المعادلة التالية :

الجرعة القديمة (راد) ^(٤)

$$(١) \quad \frac{\text{العمر (بالسنوات)}}{\text{الجرعة السنوية (راد/سنة)}} =$$

حيث أن الجرعة القديمة عبارة عن مجموع الجرعة الممتصة من قبل الفخار منذ أن أحرق للمرة الأولى . هذه الجرعات تشمل التأثيرات الداخلية والخارجية الناتجة من إنتاج أشعة ألفا وكاما وبيتا والأشعة الكونية على التوالي حيث تأتي هذه الأشعة مبدئياً من الفخار نظراً لوجود معادن كاليورانيوم U^{238} والثوريوم Th^{232} والبوتاسيوم K^{40} فضلاً عن الأشعة التي تأتي في البيئة المحيطة بالفخار (عادة تكون التربة) .

نفرض أن $D_{\gamma+c}$ ، D_{β} ، D_{α}^1 عبارة عن الجرعات السنوية لأشعة ألفا وبيتا وكاما والأشعة الكونية على التوالي وبهذا يمكن كتابة المجموع الكلي للجرع بالعلاقة التالية:

$$(٢) \quad D = D_{\alpha}^1 + D_{\beta} + D_{\gamma+c} \quad (٥)$$

حيث أن D_{α}^1 عبارة عن تأثير جسيمات ألفا الفعالة الناتجة بعد الأخذ بنظر الاعتبار عملية تقليل كفاءة هذه الجسيمات في إحداث ظاهرة الانبعاث الحراري الضوئي . تسجل الجرعات المتراكمة بواسطة بلورات الكوارتز والفليزبار فضلاً عن العناصر الأخرى الموجودة في الفخار والمسببة لظاهرة الانبعاث الحراري الضوئي . إن حبيبات الفخار التي لها أقطار حقيقة أقل من مدى جسيمات ألفا هي التي تسبب في تسجيل القيمة الفعالة الكلية لهذه الجسيمات أما بالنسبة إلى الحبيبات الكبيرة فانه يتم تسجيل جزء من D_{α}^1 لأن هذه الجسيمات غير قادرة على اختراق كلسي للمكونات الداخلية للفخار .

٣- تقنيتان أساسيتان لتأريخ الفخار بطريقة الانبعاث الحراري الضوئي

تقنية الحبيبات الدقيقة (Zimmerman 1971)

يمكن تطبيق هذه التقنية في دراسة معظم الفخار الذي يحتوي على حبيبات كافية

وبأحجام مختلفة تتراوح من 1 إلى $8 \mu\text{m}$. يعتبر الحد الأعلى لأحجام هذه الحبيبات حداً مناسباً لإهمال تأثير جسيمات ألفا بحيث يمكن تسجيل القيمة الكلية للجرع D كما موضح في معادلة رقم (٢) ومن ثم فإن العمر A يعطى بالعلاقة التالية :

$$(٣) \quad A = \frac{P}{E D_{\alpha} + D_{\beta} + D_{\gamma+c}}$$

حيث أن P عبارة عن مقدار الجرعة القديمة والتي يمكن إيجادها بواسطة أشعة بيتا أما E فهي معامل الكفاءة لجسيمات ألفا التي تسبب عملية الانبعاث الحراري الضوئي مع ما تسببه جسيمات بيتا . أما D_{α}^1 فهي مقدار مجموع الجرعة الكلية الممتصة خلال السنة الناتجة من قبل جسيمات ألفا .

تضمين الكوراتز في تقنيات الحبيبات الكبيرة (Fleming 1970)

أما بالنسبة للجسيمات الكبيرة والتي لها أقطار محدود $100 \mu\text{m}$ فإنه يمكن إهمال تأثير جسيمات ألفا في هذه الحالة آخذين بنظر الاعتبار التأثيرات التي تأتي من جسيمات بيتا وأشعة كاما والكونية فقط وعند معالجة هذه الحبيبات بمحلول حامض الهيدروفلوريك فإنه بالإمكان كتابة معادلة العمر بالصيغة التالية :

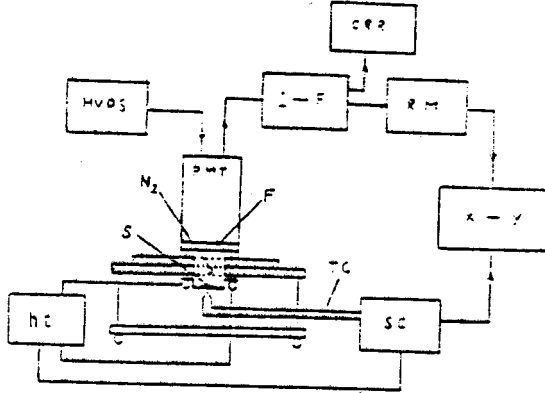
$$(٤) \quad A = \frac{P}{b D_{\beta} + D_{\gamma+c}}$$

في المعادلة أعلاه b عبارة عن عامل التصحيح والذي يقارب الواحد عند الأخذ بنظر الاعتبار التأثير الدقيق لجرع بيتا والذي يعتمد على عامل حجم الحبيبات ودرجة التماسك .

٤ - الأجهزة المستخدمة لقياس التأثير الحراري الضوئي

الشكل رقم (١) يوضح الأجهزة المستخدمة في عملية قياس التأثير الحراري

الضوئي . المخطط ينقسم إلى قسمين : في القسم الأول يوجد فرن لتسخين النموذج بدقة مسيطر عليها وللدرجة الحرارية المطلوبة كما يوجد عداد حساس للضوء لقياس الانبعاث الحراري الضوئي (TL) . جهاز تضاعف الضوء من نوع (EMI 9635 QB) . الفرن صغير جداً وبحجم 20 ml .



شكل ١ : مخطط جهاز الانبعاث الحراري الضوئي (TL) CRR : مسجل معدل الجرعة . F : مرشح الزجاج الملون (Chinese QB 24, corresponding) : ht (to Corning 7-59) : مصدر تسخين . RM : مقياس . S : نموذج . SC : جهاز سيطرة . IF : محول تيار إلى متردد .

يكون طبق التسخين دائري الشكل ويتم استخدام أقراص لحمل النموذج يصل قطره إلى 16 mm . المخطط العام للأجهزة المستخدمة قد نشر في بحث آخر مستقل (Aitken 1980) حيث أخذت هنا الأخطاء بنظر الاعتبار والنتيجة عن استخدام عداد الفوتونات .

أما بالنسبة للتشعيع فيتم ذلك مختبرياً بواسطة مصدر مشع يعث جسيمات ألفا . المصدر قرص من مادة بولونيوم P^{210} وبنشاط إشعاعي (1 m Ci) . وضع المصدر على قرص مذهب وبمساحة فعالة بقطر (30 mm) تم تغطية العينة بواسطة رقائق النيكل الذي يحتوي على نافذة تسمح بمرور جسيمات ألفا المنبعثة وبطاقة (4 Mev) . أما بالنسبة إلى أشعة بيتا فقد تم استخدام مصدر مشع بنشاط إشعاعي 40 mCi وبمساحة فعالة (30x40 mm) .

٥- قياس الجرعة القديمة وتأثير جسيمات ألفا

١- تحضير العينة :

تسحق كسر الفخار إلى حبيبات ناعمة ثم توضع في ماء مقطر لتصبح مزيجاً عالقاً ويفضل هنا استخدام الأسيتون للمساعدة في عملية الترسيب لكون هذه المادة متوفرة وغير سامة . تستخدم هذه التقنية للتخلص من السائل بعد عملية الترسيب بدلاً من طريقة التبخير الاعتيادية كون هذه العملية سريعة وتستغرق وقتاً قدره ساعتان بدلاً من ليلة كاملة .

تستخدم فترات صب متقطعة لغرض فصل الحبيبات المطلوبة وبفترة من ٣,٥ دقيقة إلى ٣٨ دقيقة . تترسب الحبيبات الدقيقة على قرص رقيق من معدن الفضة بسماك (0.1 mm) وقطر (16 mm) . إن كمية المسحوق الموضوع على كل قرص تشكل طبقة رقيقة يبلغ وزنها حوالي (2.5 mg) (Waing 1981) .

تقسم النماذج من الأقراص بعد عملية التحضير إلى مجاميع A, B, C .

٢- مجموعة A, B تشع بأشعة ألفا وبيتا على التوالي .

٣- تخزن المجاميع الثلاثة في مكان مظلم لمدة شهر أو أكثر .

٤- يتم قياس الانبعاث الحراري الضوئي (TL) للمجاميع الثلاثة :

$$^{(٦)}G_N, G_{N+\beta}, G_{N+\alpha}$$

الرسوم البيانية النموذجية موضحة في شكل ٢ و ٣ .

٥- تحسب جرعة أشعة بيتا المكافئة لعملية الانبعاث الحراري الضوئي وفقاً

للمعادلة التالية :

$$(٥) \quad Q = \frac{G_N}{(G_{N+\beta} - G_N)} \times K_\beta$$

يمثل K عامل الاستطارة الخلفية الناتجة من تشع بيتا على قرص الفضة والتي

ترتبط بالتشع المسجل على الورقة أما β_{rad} فهي كمية جرعة بيتا المعطاة .

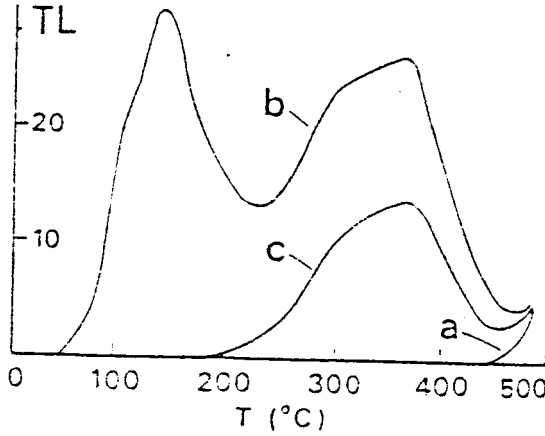
٦- تحسب جرعة جسيمات ألفا المكافئة بنفس الطريقة السابقة وحسب العلاقة

التالية :

$$(٦) \quad Q_\alpha = \frac{G_N}{(G_{N+\alpha} - G_N)} \times \alpha$$

حيث أن تأثير جسيمات ألفا يعطي وفقاً للعلاقة

$$(٧) \quad E = \frac{Q}{Q_a}$$



شكل (٢) : منحنيات انبعاث نموذج الحبيبات الدقيقة (مشترك مع SB24G1 من Homudu): a- الإشارة الحرارية . b- الأشعة الطبيعية مضافاً إليها التشعيع بواسطة بيتا . c- الأشعة الطبيعية . معدل التسخين عند ٢٠ م/ثانية .

٦- قياس مركبات الجرعات السنوية

١- استناداً إلى نظرية الفجوة المقدمة من قبل بورلن (Burlin 1968) فإن كمية الجرعة المتصدة من قبل عداد صغير يعرض إلى وسط مشع يساوي كمية الجرعة الموجودة في الوسط نفسه (مسحوق الفخار أو التربة) مقسوماً على نسبة جهد الإيقاف بالعداد والوسط للدقائق المعنية . ويمكن تطبيق هذه النظرية كون أبعاد العداد صغيرة مقارنة مع مدى الجسيمات .

٢- يمتاز العداد المستخدم في عملية الانبعاث الحراري الضوئي بكونه فائق الدقة مقارنةً من حجم الحبيبات الصغيرة جداً في مادة كبريتات الكالسيوم $\text{CaSO}_4: \text{Tm}$ المحمولة على (10 μm) من رقائق الألمنيوم ذات قطر (8 mm) (صنع العداد الفائق الدقة TLD من نوع II في معهد الصحة للصناعات بشنغهاي

(Zhou et al, 1982). سمك طبقة الفسفور حوالي ٢ ملغم/سم^٢. من هنا تعد طريقة نظرية الفجوة من الطرق التقريبية المتكاملة .

لقد لوحظ في الحسابات (Wang 1982) أن قدرة التوقف للجسيمات المشحونة هي نفسها في الطين أو في مادة كبريتات الكالسيوم CaSO_4 لذا فإن معدل الجرعة المقاسة بواسطة عداد فائق الدقة للجرعات إلى الوسط الذي هو مسحوق الفخار أو التربة هو نفسه الجرعة الموجودة في نفس الوسط . حيث أن $\epsilon_{\text{TLD}}^{(٧)}$ عبارة عن القيمة المقاسة لجسيمات ألفا الفعالة $\epsilon_{\text{TLD}}=0.15$.

٣- لقياس D_β , D_α نستخدم الطريقة التالية : تقوى اثنتا عشرة طبقة من طبقات فائق الدقة TLD وتوضع لمدة خمسة دقائق في درجة حرارة (400°C) . تقسم تلك الطبقات إلى مجاميع a و b و c . تحجب مجموعة b في كيس من البولي اثلين (polyethylene) بسمك (8 mm/cm²) وتحجب مجموعة a أيضاً في كيس من البولي اثلين ولكن من جهة الخلف فقط (من جهة رقائق الأليوم) . إن قطع الفخار المتبقية بعد استخلاص الحبيبات الدقيقة تطحن بالهاون ثم يقوى بالحرارة ويزمن ساعتين إلى درجة حرارة (400°C) . يوضع المسحوق في وعاء زجاجي مع مجاميع a و b . أما المجموعة c فتوضع مع مسحوق الكوارتز وبنفس الشروط . يوضع الوعاء بعد ختمه في مخزن مظلم لمدة شهر أو أكثر لكي نتأكد من تكون غاز الرادون (radon) . نقوم بعد الحزن بقياس الانبعاث الحراري الضوئي (TL) ويؤثر معدل المجاميع بواسطة G_a و G_b و $G_c^{(٨)}$ بعد أن يتم استبعاد الحبيبات اللاصقة بالفخار ثم نحسب مركبات جسيمات ألفا وبيتا الناتجة من الانبعاث بالعلاقة التالية :

$$(٨) \quad G_\alpha = 2 \times (G_a - G_b)$$

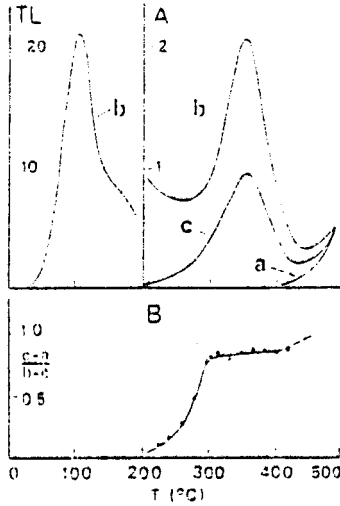
$$(٩) \quad G_\beta = G_b - G_a$$

وأخيراً نحسب مركبات الجرعة السنوية للفخار D_α و D_β وفقاً للعلاقة

$$(١٠) \quad D_\alpha = \frac{G_\alpha}{X_\beta t} \frac{1}{G_{\text{TLD}}} \quad (٩)$$

$$(١١) \quad D_\beta = \frac{G_\beta}{X_\beta t} \quad (١٠)$$

لقياس معدل جرع أشعة كاما مع الأشعة الكونية ، توضع الصفائح الفائقة الدقة في محلول البولي اثلين الذي يحتوي على الكوارتز ثم يدفن في تربة مناسبة . إن كلاً من أشعة كاما والأشعة الكونية يصلان إلى العداد بالرغم من أن المجموعة مغطاة بمادة الكوارتز بسماك (10 mm) . ويتم قياس الانبعاث الحراري الضوئي (TL) بعد مرور شهور قليلة وكذلك يتم حساب قيمة $D_{77\pm}$. وفي بحث آخر حديث تم استخدام غلاف معدني من البراص وبسماك (2 mm) والذي يحتوي على مسحوق كبريتات الكالسيوم ($\text{CaSO}_4: \text{Tm}$) .



شكل ٣ : منحنيات التوهج مع استقرار الاختبار لنموذج الكوارتز (في Zengpiyan) . a - الإشارة الحرارية . b - الأشعة الطبيعية مضافا إليها التثع بواسطة بيتا . c - الأشعة الطبيعية . معدل التسخين عند $20^\circ\text{C}/\text{m}$.

٧- معايرة المصادر المشعة

إن قياس الانبعاث الحراري الضوئي (TL) بواسطة عدادات فائقة الدقة يتم بوضع العداد في مسحوق من الكوارتز والذي يحتوي على مادة الثوريوم معلومة التركيز وبما أن معدل جرعات ألفا وبيتا معلومة من خلال جداول القياسات النووية مما سمح لنا بمعايرة المصدرين المشعين . هذه المعايرة التي تمت جاءت مطابقة لما أشرنا إليه سابقاً . أما بالنسبة للتأريخ فلا يمكن اعتماده لأن عملية المعايرة استخدمت لكلا الحالتين في إيجاد العمر القديم وكذلك استخدمت لإيجاد الجرعة السنوية .

٨- بعض النقاط ذات الاهتمام

١- إن استخدام طريقة الانبعاث الحراري الضوئي تسمح لنا وبشكل مباشر تقدير تأثير هذه الطريقة على معدل الجرعة الناتجة من الماء الموجود في النموذج ، وبالرغم من هذا فإن هذه العملية لا تجرى بصورة روتينية .

٢- إن عملية ختم الأوعية الزجاجية المستخدمة لعملية الانبعاث الحراري الضوئي سوف تمنع تسرب غاز الرادون . ومع كل هذا فهناك احتمال تسرب قسم من هذا الغاز في بعض الفخار (Wang and Zhou 1982) وفي حالة وجود تسرب فإنه يكون بنسبة من ٥ إلى ١٠٪ مما يسبب خطأ بسيطاً في ناتج العمر ويحدود ١٪ .

٣- قبل إجراء عملية القياس للانبعاث الحراري الضوئي TL لعينات الفخار (G_N و G_{N+B} و G_{N+2}) يتم إحماء الأقراص لمدة عشر ساعات بدرجة من ($80-100^{\circ}C$) أو لفترة من دقيقة إلى خمس دقائق وبدرجة حرارة من ($100-200^{\circ}C$) . تجري هذه العملية لتقليل تأثير الشوائب الدخيلة الموجودة في الفخار . وقد لوحظ أنه بدون عملية الحرق فإنه لا يمكن تقليل الشوائب بنسبة أكثر من ٥٪ بعد خزن لمدة شهرين بالمقارنة مع خزن لمدة شهر واحد . أما بعد الحرق فلا يوجد أي دليل على تقليل الشوائب . كما ذكرنا سابقاً في فقرة (٥) من البحث فإن عملية الخزن تتم لمدة شهر واحد قبل إجراء عملية التشعيع وعملية القياس .

٩- نتائج الفخار الصيني

وضحت أعمار الحبيبات الدقيقة للفخار في الجدول رقم (١) ومع توضيحات للنشاط الإشعاعي للعناصر المشعة في جدول (٢) . أجريت مقارنة مع الأعمار بطريقة الكاربون المشع والذي اعتمد على نصف عمر قدره (٥٧٣٠ سنة) (كما جاء في تقرير معهد الآثار والذي نشر في مجلة الآثار (Archaeology: (1979) p 89, 4 (1980) p372, No. 4 (1981) p363) المنشور من قبل الأكاديمية الصينية للعلوم الاجتماعية في بكين) .

الجدول رقم (٣) يوضح أعمار الكوارتز المتضمنة لمجموعة واحدة .

جدول (١) أعمار الحبيبات الناعمة

Lab. no.	Province, country or site	Paleodose (rad)	Annual dose (rad/yr)	TL age (BP)	C-14 age (BP)
SB1a	Shanxi, Xianyang1	1190 (±4.7%)	0.512(±6.9%)	2320±190	2290±80 (ZK793)
SB16c	Liaoning, Fushun	1650 (±6.1%)	0.453(±6.4%)	3640±320	
SBdt1	Ilenan, Dengggao	2570 (±7.2%)	0.613(±5.1%)	4190±370	4000±65 (ZK581)
SB11a	Shanghai, Songze	3150 (±4.4%)	0.539(±4.2%)	5840±350	5230±200 (ZK438)
SB43a	Zhejiang, Homodu	3480 (±5.5%)	0.692(±6.4%)	5030±420	5370±95 (ZK588)
SB37c	Zhejiang, Homodu	5940 (±4.2%)	0.962(±5.3%)	6170±420	5360±90 (ZK589)
SB2461	Zhejiang, Homodu	3960 (±3.8%)	0.611(±4.8%)	6480±400	6200±85 (ZK590)
SB32c	Guangxi, Zengpiyan	6230 (±5.2%)	0.771(±4.2%)	8080±540	7680±150 (ZK910)
SB32b	Guangix, Zengpiyan	6570 (4.9%)	0.728(±4.6%)	9020±600	9000±150 (ZK911)
SB27b1	Fujian Baisha	3010 (±4.2%)	0.754(±7.3%)	3990±340	

ملاحظات :

١- نصف عمر كاربون المشع C14 المعتمد ٥٧٣٠ سنة .

٢- معدل الجرعة القديمة يحتوي على تصحيح خطي (1) لـ 50 و 110 و 210 و 80 راد على التوالي للنماذج 16c و dt1 و 24b1 و 32b . أما لبقية النماذج فكان التصحيح صفراً .

٣- صححت الجرعة السنوية لحتوى الماء على أساس المقترح المقدم من قبل (Zimmerman 1971) .

جدول ٢ : تفاصيل القياس : نماذج الحبيبات الناعمة

Lab. no.	Extent of plateau (°C)	ε	Annual dose (rad/yr)			
			D_{α}	D_{β}	$D_{\gamma+c}$	Δw (%)
SB1a	60	0.093 ($\pm 7.3\%$)	3.04	0.188	0.140	19
SB1c	40	0.145 ($\pm 10\%$)	1.89	0.149	0.082	10
SBdtI	50	0.103 ($\pm 8.9\%$)	3.01	0.233	0.158	14
SB1Ia	70	0.067 ($\pm 8.4\%$)	4.04	0.291	0.112	23
SB43a	50	0.114 ($\pm 8.2\%$)	3.50	0.265	0.109	10
SB37c	60	0.162 ($\pm 7.9\%$)	4.66	0.243	0.122	13
SB2461	60	0.124 ($\pm 7.6\%$)	2.67	0.311	0.096	18
SB32c	80	0.209 ($\pm 8.1\%$)	2.33	0.262	0.115	10
SB32b	60	0.212 ($\pm 9.2\%$)	2.52	0.167	0.115	10
SB27b	60	0.136 ($\pm 7.2\%$)	3.22	0.223	0.168	9

ملاحظات :

١- Δw (كما وجدت) تعبر عن كمية الماء الموجودة كنسبة مئوية للوزن الجاف.

٢- القيم المستمدة D_{α} و D_{β} كما كتبت قبل التصحيح لكمية الماء الموجود تقاس قيم $D_{\gamma+c}$ بواسطة عدد الانبعاث الحراري الضوئي TL .

جدول ٣ : أعمار محتوى الكوارتز لفخار زنيان (Zenpiyan pottery)

Lab. no.	(Layer)	Annual dose (rad/yr)			Paleodose (rad)	TL age (BP)
		D_{β}	$D_{\gamma+c}$	D_{tot}		
SB35a	DT5 (3)	0.265	0.115	0.327	2280	6990 ± 750
SB32e	DT5 (3)	0.411	0.115	0.444	3240	7300 ± 1110
SB32c	DT5 (3)	0.262	0.115	0.325	2520	7750 ± 570
SB34	DT6 (3)	0.328	0.127	0.389	3110	7990 ± 1130
SB36c	79KJDT5	0.227	0.115	0.297	3070	10340 ± 870
SB32f	DT5 (3)	0.190	0.115	0.267	2540	9510 ± 1110
SB35c	DT5 (3)	0.170	0.115	0.251	2310	9200 ± 670

ملاحظات:

١- تكون أعمار الكربون المشع C^{14} الملائم في جدول ١ ZK910 للنماذج الأربعة الأولى أعلاه و ZK911 للنماذج الثلاثة الباقية .

٢- القيم المستمدة لـ D_{β} قبل عملية التصحيح لكمية الماء الموجود أو تصحيح بيتا . القيم المستمدة لـ D_{tot} بعد عملية التصحيح ، استخدم معدل القيمة لـ ١٠٪ محتوي الماء لكل الكسر الفخارية أما $b=0.90$ بتضعيف أشعة بيتا .

٣- الجرع القديمة المستمدة لـ SB35a يتضمن تصحيح خطي لـ ١٠٠ راد .
التصحيح يساوي صفر لبقية الكسر الفخارية .
٤- امتداد خط الإشباع كان حوالي من 310 إلى $400^{\circ}C$.

١٠ - مناقشة استعمال عداد ألفا للانبعاث الحراري الضوئي:

لفرض اختبار قدرة العداد على قياس أعمار جرع أشعة ألفا ، أجريت مقارنة لـ ١٦ نموذجاً واستخدم وبشكل مباشر مصدر قوي لأشعة ألفا . كما تمت مقارنة (٢٩) عينة (ثم ذكر هذه الطريقة في بحث منفصل من قبل Wang 1983) . إن طريقة قياس الجرع بواسطة العداد تطابق طريقة عدد جسيمات ألفا بنسبة ٧٪ لـ ٢٢ حالة وبنسبة من ٧-١٦٪ لـ ٦ حالات ونسبة ٤٠٪ لحالة واحدة فقط . أما

بالنسبة لجسيمات ألفا المنبعثة من المصادر المشعة القوية فإنه يتم استخدام عداد أشباه الموصلات (سليكون مذهب) بقطر 50 mm . تم وضع النموذج بعد فصله تحت طبق وبمسافة من (١-٢ مم) وباستخدام النماذج الحديثة في مختبر بران ويك (Brunwick laboratory) برقم ١٠٩ ورقم ١٠٥ والذي يحتوي على ٠,٠١٪ من سلسلة الثوريوم ونسبة ٠,٠٠١٪ من سلسلة اليورانيوم في السليكا) . قدرت الكفاءة بحوالي ٤٦٪ للمصادر الرقيقة من اليورانيوم U^{238} والكفاءة كانت ٧٧٪ . أما الأشعة الخلفية فقدرت بحوالي (١٠ عدد/يوم) . العداد استخدم لفترة ثلاث سنوات بصورة متتالية .

١١ - الاستنتاج:

إن طريقة التأريخ (٥) للانبعاث الحراري الضوئي توضح نتائج مقنعة في دراسة أعمار الفخار حيث تعتبر تقنية الانبعاث الحراري الضوئي من التقنيات البسيطة في العمل . قليلة الأخطاء ، وبتكاليف بسيطة نسبياً .

المصادر

1. Aitken, M. J., 1968, Thermoluminescence of Geological Materials, Academic Press, 463-470.
2. Aitken, M. J., 1978, Phys, Rep. 40C, 281.
3. Aitken, M. J., 1978, PACT Journal 2, 18.
4. Aitken, M. J., 1980, Ancient TL 13, 2.
5. Burlin, T. E., 1968, Radiation Dosimetry, p. 332, 2nd Edition, Academic Press.
6. Felming, S. J., 1970, Archaeometry 12, 133.
7. Mejdahl, V., 1978, PACT Journal 2, 35.
8. Wang, W., 1979, Archaeology 1, 82, published by Academy of Social Sciences, Beijing.
9. Wang, W., et al., 1980, Nature 3 (II), 844, published by Shanghai Science and Technology Press.
10. Wang, W. 1981, Shanghai Museum Journal 1, 123.
11. Wang, W., 1982, Science Bulletin 18, 1 145, published by Academia Sinica, Beijing.
12. Wang, W. and Z. Zhou, 1982 Proceedings of the Society for Preservation of Cultural Relics 2, published in Beijing.
13. Wang, W., 1983, Comparison of ultrathin TLD to alpha counting for measurement of annual alpha dose. Ancient TL 1, no. 1, forthcoming.
14. Zimmerman, D. W., 1971, Archaeometry 13, 29.
15. Zhou, Z. et al., 1980, Nuclear Techniques 5, 43, published by the Institute of Nuclear Technology, Academia Sinica, Shanghai.
16. Zhou, Z. et al., 1982, Proceedings of the First Conference on Radiation Protection, published by Atomic Energy Press, Beijing.

الهوامش

- (١) نشر هذا البحث في مجلة (Archaeometry) تحت عنوان :
Wang, W; Zhou, Z; "Thermoluminescence Dating of Chinese Pottery". Archaeometry 25, 2 (1983) pp. 99-106-printed in Great Britain.
- (٢) تعتمد طريقة الانبعاث الحراري الضوئي على وجود كميات في المادة المشعة في الفخار القديم هذه المادة تبعث جسيمات مشعة كجسيمات ألفا وبيتا وكاما مما تسبب في تغير مواضع الالكترونات في بلورات الكوارتز الموجودة أيضاً في الفخار . وبتسخين الفخار فإن الالكترونات ترجع إلى مواضعها الأصلية وتبعث كمية محددة في الطاقة . هذه الكمية في الطاقة وكمية المادة المشعة المتبقية تحدد الزمن الذي انقضى على الفخار منذ أن أحرق للمرة الأولى ، وقد وجد أنه كلما كانت المادة قديمة كانت كمية الأشعة الممتصة كبيرة مما
- (٣) نقصد بأشعة كاما الطاقة الناتجة من نوى العناصر المشعة المثيجة . هذه النواة تعود إلى وضع الاستقرار بعد أن تبعث فوتونات بطاقة تمتد إلى عدة ملايين في الالكترون فولت وتدني بأشعة كاما (g-ray) . أما أشعة بيتا فتنتج في انحلال تلقائي لنيوترون النواة المثيجة والتي تتحول إلى بروتون والكترون سالب هذه الالكترون السالبة تدعي بأشعة بيتا (b-ray) .
- أما جسيمات ألفا فهي عبارة عن نواة ذرة الهليوم (تكون من بروتونين ونيوترونين). إن بعض العناصر المشعة والتي تمتلك عدد كتلي أكبر في (٢١٠) نوية) تفقد هذه العناصر جسيمات لتعود إلى وضع الاستقرار تدعي هذه الجسيمات بجسيمات ألفا (a-particle) .
- (٤) الراد وهي وحدة لقياس النشاط الإشعاعي وهي تساوي 10^6 عدد النوى المنحلة / ثانية .
- (٥) الرمز D يمثل المجموع الكلي للجرع الناتجة في تأثير أشعة ألفا وبيتا وكاما والأشعة الكونية .
- D_2^1 عبارة عن تأثير جسيمات ألفا الفعالة .

D_b عبارة عن تأثير جسيمات بيتا .

D_{g+c} عبارة عن تأثير أشعة كاما والأشعة الكونية .

(٦) يمثل G_N مقدار الانبعاث الحراري الضوئي للمادة المشعة بدون تأثير إشعاع خارجي،

يمثل G_{N+a} مقدار الانبعاث الحراري الضوئي للمادة المشعة مضافاً إليها تأثير جسيمات ألفا .

يمثل G_{N+b} مقدار الانبعاث الحراري الضوئي للمادة المشعة مضافاً إليها تأثير جسيمات بيتا .

(٧) e_{LTD} عبارة عن معامل التأخر للانبعاث الحراري الضوئي .

(٨) G_a و G_b و G_c عبارة عن مقدار الانبعاث الحراري الضوئي للمجاميع a و b و c على التوالي المذكورة في البحث.

(٩) G_a و G_b عبارة عن مركبات جسيمات ألفا وبيتا الناتجة من الانبعاث الحراري الضوئي .

(١٠) X_b عبارة عن حساسية العداد لـ b

t عبارة عن زمن الخزن .

(١١) ملاحظات :

١- يمكن تأخر الفخار حسب طريقة الانبعاث الحراري الضوئي (TL) لفترة لا تقل عن ٣٠٠ سنة وتمتد إلى حوالي أكثر من (٦٠٠٠) سنة وربما أكثر وذلك يعتمد العثور على المواد الفخارية المحروقة .

٢- يمكن تطبيق طريقة الانبعاث الحراري الضوئي لقياس أعمار الصخور والمعادن أيضاً .

٣- تعتبر طريقة الانبعاث الحراري الضوئي طريقة مثالية للكشف عن أعمار الفخار في الطبقات الأثرية .

٤- في حالة شراء الفخار وتلافياً لعمليات التزوير والغش التي تتم حيث يُعرض الفخار الحديث إلى أشعة إكس حيث يمتص هذه الإشعاعات ويختزن في الفخار وبالتالي عند الكشف عنه بطريقة الانبعاث الحراري الضوئي يبدو الفخار الحديث مثل الفخار القديم وفي مثل هذه الحالة يكون الفصل لكشف التزوير بطريقة التحليل الكيميائي .